

УДК 630*1

DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-28-36

СРАВНЕНИЕ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA* ROTH.) С РАЗНЫМИ ТИПАМИ КОРЫ ПО ВЕГЕТАТИВНЫМ И ГЕНЕРАТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ

Е.Н. Наквасина¹, А.В. Некрасова¹, Н.А. Прожерина²

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17

²ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, 163000, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 23

e.nakvasina@narfu.ru

В мире и особенно в России меняется хозяйственное отношение к березе, разрабатываются подходы к ее лесовосстановлению. На севере, в том числе в Архангельской области, площади березняков увеличиваются (Чупров, 2008). Знание полиморфизма березы, связи морфологических признаков с целевыми (быстрота роста, качество ствола и древесины) позволит вести хозяйство на селекционной основе. Оценка морфотипов березы должна вестись в разных условиях произрастания, учитывая ее высокую адаптационную приспособляемость. Нами изучены формы березы (*Betula pendula* Roth.), выделенные по типу трещиноватости коры, по биометрическим показателям вегетативной и генеративной сферы в подзоне северной тайги. Исследования проводились на территории города Архангельска, в аллейных посадках березы повислой, где были выявлены и замаркированы по 20 деревьев близкого возраста каждой изучаемой формы — гладкокорой, ромбовидно-трещиноватой и грубокорой, которые подбирали, основываясь на описания А.С. Яблокова (1962). Сравнительная оценка морфотипов березы по вегетативным и генеративным признакам показала неоднозначность сходства между ними, связанную с генетическими особенностями и ростовыми проявлениями, установленными ранее рядом авторов. Наиболее заметные статистически доказуемые различия наблюдались между гладкокорой и грубокорой формами. Из всех изученных нами показателей вегетативной и генеративной сферы выявлено 53 % парных случаев различий между формами, причем половина приходится на пару морфотипов «гладкокорая — грубокорая». Ромбовидно-трещиноватая форма березы в большинстве случаев занимала промежуточное положение по биометрическим и численным параметрам ауксибластов, брахибластов и листовых пластинок на них, параметрам сережек, орешков и семян. По качеству семян (масса 1000 шт., всхожесть, энергия прорастания) преимущество имели грубокорая и ромбовидно-трещиноватая формы, по сравнению с гладкокорой, у которой оказалось более 80 % пустых семян.

Ключевые слова: береза повислая, формы коры, изменчивость, ветви, листья, сережки, семена

Ссылка для цитирования: Наквасина Е.Н., Некрасова А.В., Прожерина Н.А. Сравнение березы повислой (*Betula pendula* Roth.) с разными типами коры по вегетативным и генеративным признакам // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 1. С. 28–36. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-28-36

Береза повислая (*Betula pendula* Roth.), произрастающая совместно с березой пушистой, имеет широкую естественную зону распространения на евразийском континенте: от Атлантики до Восточной Сибири. Наибольшие ее ресурсы сосредоточены в умеренных и бореальных лесах Европы. В последние десятилетия коммерческая роль березы в мире возрастает, что вызвало всплеск активности исследований по ее росту [1, 2], по подбору мест и условий для выращивания высококачественных насаждений березы, в том числе и при ожидаемых климатических изменениях [3–5].

Меняется хозяйственное отношение к березе и в России. Одной из причин этого может быть истощение лесного фонда хвойных пород, замена его в многолесных районах на пионерную растительность, одной из которых и является береза. По данным В.Ф. Коновалова [6], в более южной части ареала березы повислой, в результате интенсивной эксплуатации, произошло значительное сокращение высокопродуктивных насаждений, в то время как на севере, площади

березняков, наоборот, растут [7]. С 1965 г. площадь березняков на Европейском Севере России увеличилась на 3,8 %, в том числе в Архангельской области на 9,0 %, в Вологодской — на 7,9 %, в Республике Коми уменьшился на 0,4 %. Однако фактическое увеличение площади березняков значительно больше. Только в Архангельской области по данным Лесного плана [8] площадь березняков составляет 4798,1 тыс. га (22 %). В связи с этим в России, с одной стороны, можно говорить о лесовосстановлении березы, с другой — о формировании высокопродуктивных насаждений, произрастающих на лесосеках при смене пород. И то и другое требует изучения полиморфизма березы, связи ее морфологических признаков с целевыми (прежде всего, быстрота роста, качество ствола и древесины) для ведения хозяйства на селекционной основе.

Береза отличается высокой морфолого-физиологической пластичностью, которая проявляется по различным признакам в пределах рода и вида [9, 10]. При изучении ее изменчивости основным

маркером было принято соотношение на стволах трещиноватой коры различной конфигурации и размеров с гладкой берестой, цвет коры и параметры корки. Именно с этими признаками тесно связаны показатели роста, строения и технических свойств древесины [6, 11–14].

По морфологии коры ствола березы, дифференцируя различные ее показатели, исследователи выделяли от 3–4 форм до 12 [15–17]. Однако классическими остаются формы, выделенные А.С. Яблоковым — ромбовидно-трещиноватая, гладкокорая и грубокорая, принципиально отличающиеся внешним обликом и высотой поднятия корки. Такое деление считается наиболее предпочтительным с хозяйственной точки зрения [13] и применялось в дальнейшем многими авторами для целенаправленных селекционных исследований. Деление на три морфогруппы сочетается и с современными исследованиями белкового комплекса [18], которые позволили разделить все березы в две группы по степени белковой гетерогенности: гладкокорые и трещиноватые.

Важным дополнением к изучению полиморфизма березы является дифференциация вегетативных и генеративных признаков и наследуемость морфотипологических проявлений в потомстве [12, 16, 19]. Особый интерес вызывают структурно-функциональные особенности кроны, связанные с деятельностью листового аппарата, обеспечивающего транспорт ассимилянтов [20–22]. Обладая высокой приспособляемостью к условиям произрастания, береза в результате естественного отбора выработала признаки, отражающиеся в ее географической изменчивости по морфотипам [23] и строению кроны [24]. Это предполагает изучение полиморфизма березы по различным показателям в различных условиях произрастания, однако на Европейском Севере России подобные исследования ранее не проводились.

Цель работы

Цель исследований — сравнение форм березы повислой (*Betula pendula* Roth.), отличающихся по типу трещиноватости коры, по биометрическим показателям вегетативной и генеративной сферы в подзоне северной тайги.

Объекты и методы

Исследования проводились на территории города Архангельска, в аллеиных посадках березы повислой, где были выявлены и замаркированы по 20 деревьев близкого возраста (VI–VII классы возраста) каждой изучаемой формы — гладкокорой, ромбовидно-трещиноватой и грубокорой, которые подбирали, основываясь на описания А.С. Яблокова [15].

Для изучения вегетативной сферы летом 2017 г. срезали по 30 веток с каждой формы деревьев березы в период полного развития листа и приростов (конец июля) в нижней части кроны, на высоте 1,5–2,0 м от поверхности земли. Учитывая различную роль ауксибластов (увеличение линейных параметров кроны) и брахибластов (развитие генеративных органов или обеспечение кроны ассимилянтами) в кроне [20], учет биометрических показателей побегов и листьев на них вели отдельно.

Определяли и учитывали следующие показатели: прирост ауксибластов за три последних года, длина брахибласта и число листьев на брахибласте прошлого года, число листьев на ауксибласте текущего года, число ауксибластов 2017 г. на одном побеге прошлого года, число брахибластов на единицу длины ветки. С каждой ветви отбирали по два неповрежденных максимально развитых листа с побегов обоих типов (всего 360 шт.), у которых определяли длину и ширину листа, длину черешка, количество жилок, расстояние от основания листа до наиболее широкой части, высчитывали отношение длины к ширине листа и отношение длины черешка к длине листа. Эти параметры традиционно используют при изучении вегетативной сферы (побеги, листья) березы [16, 20, 21].

Для изучения генеративной сферы в конце лета (август) собирали сережки — по 100 шт. с каждой формы березы (с одной высоты дерева и стороны света). У сережек измеряли длину и ширину. Хранили сережки в прохладном помещении (0–5 °С), в деревянных ящиках, застеленных бумагой. У очищенных семян измеряли длину и ширину орешка и семянки, следуя рекомендациям [16, 25]. Измерение проводили с помощью микроскопа МБС-9 с двукратным увеличением, с точностью 0,1 мм.

У разных форм березы определили массу 1000 шт. семян в соответствии с [26]. Проращивали семена согласно действующего ГОСТ [27] в чашках Петри (по 50 шт. семян в трех повторностях).

Биометрические показатели обрабатывали методами вариационной статистики [28]. Сравнение пар признаков между формами проводили, используя критерий Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Из биометрических показателей вегетативной сферы березы, прежде всего, обращает на себя внимание линейный прирост ауксибластов, обеспечивающий формирование габитуса кроны (табл. 1). Несмотря на изменчивость прироста по годам, заметна разница между формами кроны по типу коры. По приростам трех лет преимущество

Т а б л и ц а 1

**Статистические значения морфолого-биометрических показателей
вегетативной сферы изученных форм березы повислой**
Statistical values of the morphological and biometric indicators in the vegetative sphere
of the studied forms of silver birch

Форма березы	Средние значения показателя			
	$X \pm m_x$	Cv	$X \pm m_x$	Cv
	Длина ауксибласта, см, 2017 г.		Длина ауксибласта, см, 2016 г.	
Гладкокорая	10,67 ± 0,63	7,9	8,94 ± 0,45	27,5
Ромбовидно-трещиноватая	10,50 ± 0,65	33,9	10,79 ± 0,54	27,2
Грубокорая	12,98 ± 0,68	28,9	11,95 ± 0,52	24,0
	Длина брахибласта, см		Число брахибластов*, шт.	
Гладкокорая	0,43 ± 0,03	34,1	1,63 ± 0,09	30,0
Ромбовидно-трещиноватая	0,54 ± 0,04	40,5	1,40 ± 0,09	35,6
Грубокорая	0,44 ± 0,03	34,4	1,13 ± 0,06	30,5
	Число листьев на ауксибласте, шт.		Число листьев на брахибласте, шт.	
Гладкокорая	6,00 ± 0,23	20,5	2,40 ± 0,10	23,5
Ромбовидно-трещиноватая	5,60 ± 0,20	19,1	2,60 ± 0,09	19,2
Грубокорая	5,83 ± 0,17	15,7	2,40 ± 0,11	25,9
	Длина листа ауксибласта, см		Длина листа брахибласта, см	
Гладкокорая	5,70 ± 0,11	14,5	6,39 ± 0,16	19,9
Ромбовидно-трещиноватая	5,23 ± 0,15	22,9	6,28 ± 0,15	18,2
Грубокорая	5,03 ± 0,07	11,5	5,81 ± 0,08	11,0
	Ширина листа ауксибласта, см		Ширина листа брахибласта, см	
Гладкокорая	4,34 ± 0,09	16,3	4,97 ± 0,11	17,2
Ромбовидно-трещиноватая	3,93 ± 0,10	19,0	4,80 ± 0,12	18,9
Грубокорая	3,68 ± 0,06	13,7	4,50 ± 0,06	10,9
	Число жилок на листе ауксибласта, шт.		Число жилок на листе брахибласта, шт.	
Гладкокорая	11,47 ± 0,18	12,38	11,43 ± 0,20	13,3
Ромбовидно-трещиноватая	10,67 ± 0,24	17,49	11,37 ± 0,18	12,3
Грубокорая	10,53 ± 0,14	10,41	10,90 ± 0,13	9,2

Примечание. * — на 10 см длины побега; X — среднее значение; m_x — стандартная ошибка среднего значения; Cv — коэффициент изменчивости, %.

по длине ауксибласта имела грубокорая форма, однако достоверность различий устойчиво сохранялась только между гладкокорой и грубокорой формами (табл. 2). В парах сравнений с участием ромбовидно-трещиноватой формы достоверные различия проявлялись в отдельные годы. Это может быть связано с тем, что ряд авторов [12, 13] по ростовым показателям ромбовидно-трещиноватую форму относят к промежуточной форме с неустойчивыми признаками. Но, все же, чаще ромбовидно-трещиноватую форму березы вместе с гладкокорой формой относят к быстрорастущим [13, 19]. Такая близость этих форм по росту не противоречит современным исследованиям: по структуре белкового комплекса ромбовидно-трещиноватая форма березы не выделяется [18].

Различия по показателям формирования укороченных побегов (брахибластов) в кроне различных форм березы невелики (см. табл. 1). Наибольшую значимость имеет признак числа брахибластов на единице длины ауксибласта, связанный с линейным ростом последнего у разных форм (см. табл. 2).

Ассимиляционный аппарат березы обусловлен развитием листовых пластинок на ауксибластах и брахибластах и связан с их структурным формированием [20]. Это отражается и на биометрических показателях листьев, формирующихся на побегах разного статуса. В целом, параметры листьев брахибластов (в пределах форм березы) несколько превышают одноименные параметры листьев на ауксибластах (см. табл. 1) при однозначных коэффициентах изменчивости.

Таблица 2

Достоверность различий средних значений показателей вегетативной сферы между изученными формами березы повислой (t_{st} по Стьюденту)

Reliability of differences in average values of vegetative sphere indicators between the studied forms of birch (t_{st} by Student)

Показатели	Сравниваемые формы березы		
	Гладкокорая и ромбовидно-трещиноватая	Гладкокорая и грубокорая	Ромбовидно-трещиноватая и грубокорая
Длина ауксибласта, см, 2017 г.	0,19	2,49	2,63
Длина ауксибласта, см, 2016 г.	2,65	4,36	1,55
Длина брахибласта, см	2,29	0,26	2,06
Число брахибластов*, шт.	1,80	4,57	2,44
Число листьев на брахибласте, шт.	1,46	0,00	1,38
Число листьев на ауксибласте, шт.	1,34	0,61	0,90
Длина листа ауксибласта, см	2,50	5,14	1,16
Длина листа брахибласта, см	0,50	3,18	2,80
Ширина листа ауксибласта, см	3,16	5,94	2,13
Ширина листа брахибласта, см	1,08	3,72	2,26
Число жилок на листе ауксибласта, шт.	2,64	4,03	0,48
Число жилок на листе брахибласта, шт.	0,25	2,27	2,10

Примечание. * — на 10 см длины побега; $t_{005} = 2$; жирным выделены значения, достоверные при $t_{st} \geq t_{005}$.

Наибольшие размеры листьев на ростовых побегах отмечены у гладкокорой березы (длина 5,7 см, ширина 4,3 см), наименьшие — у грубокорой (5,0 см и 3,7 см соответственно). Ромбовидно-трещиноватая форма занимает промежуточное положение. При сравнении показателей листьев ауксибластов по формам березы, выделенным по типу коры, установлены четкие различия между всеми формами по ширине листа, а также между гладкокорой формой с другими по длине листа и числу жилок (см. табл. 2). По всем парам морфотипов березы доказаны различия и по отношению длины черешка к длине листа (t_{st} составило от 2,0 до 5,8 при $t_{005} = 2,0$). Отношение длины листа к его ширине остается достаточно стабильным (1,33–1,38) и достоверно не различается между формами.

Таблица 3

Статистические значения морфолого-биометрических показателей генеративной сферы изученных форм березы повислой

Statistical values of morphological and biometric indicators in the generative sphere of the studied forms of silver birch

Форма березы	Средние значения показателя			
	$X \pm m_x$	Cv	$X \pm m_x$	Cv
	Длина срезки, см		Ширина срезки, см	
Гладкокорая	3,16 ± 0,03	10,7	0,63 ± 0,01	11,9
Ромбовидно-трещиноватая	3,20 ± 0,03	9,5	0,59 ± 0,01	10,1
Грубокорая	3,04 ± 0,03	10,3	0,58 ± 0,01	12,0
	Длина орешка, мм		Ширина орешка, мм	
Гладкокорая	1,80 ± 0,03	12,2	0,82 ± 0,02	12,7
Ромбовидно-трещиноватая	1,77 ± 0,03	10,3	0,90 ± 0,02	13,7
Грубокорая	2,04 ± 0,06	22,3	0,92 ± 0,02	12,4
	Длина семянки, мм		Ширина семянки, мм	
Гладкокорая	2,67 ± 0,06	14,9	3,52 ± 0,06	11,2
Ромбовидно-трещиноватая	2,31 ± 0,03	10,6	2,71 ± 0,03	7,7
Грубокорая	2,35 ± 0,06	17,6	2,94 ± 0,06	14,5
	Отношение ширины орешка к его длине		Отношение ширины орешка к ширине семянки	
Гладкокорая	0,46 ± 0,01	13,7	0,23 ± 0,004	12,7
Ромбовидно-трещиноватая	0,51 ± 0,01	14,5	0,33 ± 0,01	14,7
Грубокорая	0,47 ± 0,02	23,5	0,32 ± 0,01	14,9

Примечание. X — среднее значение; m_x — стандартная ошибка среднего значения; Cv — коэффициент изменчивости, %.

У листьев брахибластов размерная тенденция показателей у разных морфотипов по коре аналогична листьям на ауксибластах: наибольшие размеры листовой пластинки (длина и ширина) у гладкокорой формы составляют 6,4 см и 5,0 см, наименьшие у грубокорой — 5,8 см и 4,5 см соответственно. По всем биометрическим и численным показателям развития ассимиляционного аппарата на укороченных побегах доказанными можно считать (см табл. 2) различия между гладкокорой и грубокорой формами березы. В отдельных случаях (параметры длины и ширины листа, число жилок) доказаны различия и между ромбовидно-трещиноватой и грубокорой формами. Практически отсутствуют достоверные связи по показателям листового аппарата

брахибластов между гладкокорой и ромбовидно-трещиноватой формами.

Относительные показатели, рассчитанные для листьев брахибластов, такие как отношение длины листа к ширине листа, длины черешка к длине листа, у различных морфотипов березы остаются достаточно стабильными. В отличие от листьев ауксисбластов, дифференцируется показатель «отношение от основания до наиболее широкой части листа», который у разных форм колеблется от 2,03 до 2,42, и отражает достоверные различия между грубокорой березой и другими морфотипами.

При изучении генеративной сферы морфотипов березы уделили внимание параметрам женских сережек, семян и орешков, изменчивость которых в пределах форм ниже, чем у вегетативных органов, и составляет 8–22 % (табл. 3). Средние параметры имеют в ряде случаев тенденцию увеличения от гладкокорой к грубокорой форме березы (длина и ширина орешка) и в ряде случаев обратную тенденцию — уменьшение от гладкокорой к грубокорой (длина и толщина сережки и семянки). Ромбовидно-трещиноватая форма чаще всего занимает промежуточное положение.

В результате различия доказуемы по всем показателям генеративной сферы между гладкокорой к грубокорой формами березы (табл. 4).

Т а б л и ц а 4
Достоверность различий средних значений показателей генеративной сферы между изученными формами березы повислой (t_{st} по Стьюденту)

Reliability of differences in the average values of the generative sphere indicators between the studied forms of silver birch (t_{st} according to Student)

Показатели	Сравниваемые формы березы		
	Гладкокорая и ромбовидно-трещиноватая	Гладкокорая и грубокорая	Ромбовидно-трещиноватая и грубокорая
Длина сережки, см	0,858	2,527	3,575
Толщина сережки, см	3,505	4,959	1,853
Длина орешка, мм	0,707	3,577	4,025
Ширина орешка, мм	3,200	4,000	0,707
Длина семянки, мм	5,667	3,899	0,596
Ширина семянки, мм	12,750	7,067	3,429
Отношение ширины орешка к его длине	3,717	0,456	1,789
Отношение ширины орешка к ширине семянки	9,285	8,356	0,710

Примечание. $t_{005} = 2$; жирным выделены значения, достоверные при $t_{st} \geq t_{005}$.

Достоверные различия показали и рассчитанные нами относительные показатели генеративной сферы: отношение длины к толщине сережки ($t_{st} = 2,57$ при $t_{005} = 2,0$), отношение ширины орешка к ширине семянки ($t_{st} = 8,34$ при $t_{005} = 2,0$). По отношению ширины орешка к его длине различий нет ($t_{st} = 0,46$ при $t_{005} = 2,0$).

Отличия ромбовидно-трещиноватой формой березы от других морфотипов по изученным показателям генеративной сферы проявляются неоднозначно. Доказаны различия между парой ромбовидно-трещиноватая форма и гладкокорая форма по толщине сережки, по ширине орешка, по параметрам семянки и по всем относительным показателям. Между ромбовидно-трещиноватой и грубокорой формами установлены различия лишь по длинам сережки и орешка, по ширине семянки и по отношению ширины орешка к его длине.

В связи с возможностью использования семян березы для лесовосстановления встает вопрос об их качестве. По литературным данным, при оптимальных условиях хранения, к весне следующего года, семена березы сохраняют всхожесть от 16 до 23 %, а в лучшем случае до 36 % [29]. В нашем случае абсолютная всхожесть семян урожая 2017 г. составила у разных форм березы от 28 до 54 % (в среднем 45 %), что для сложившихся погодных условий года их формирования является высоким показателем (табл. 5). Низкая всхожесть гладкокорой березы связана с большим количеством (55 %) пустых семян, что определено при взрезывании после прорастивания. Невыполненность семян может быть связана с их недостаточным опылением. Всхожесть, энергия прорастания у ромбовидно-трещиноватой и грубокорой форм березы достаточно близки, и превышают одноименные показатели гладкокорой березы на 30–50 %.

Наличие большого количества пустых семян у гладкокорой березы сказалось и на их массе (см. табл. 5). Наибольшая масса 1000 шт. семян у грубокорой формы березы. У ромбовидно-трещиноватой и гладкокорой березы она ниже на 20 и 55 % соответственно.

Оценка трех морфотипов березы, выделенных по коре, по вегетативным и генеративным признакам показала неоднозначность сходства между ними, связанную с их генетическими особенностями и ростовыми проявлениями, установленными рядом авторов. Большинство авторов по скорости роста, качеству ствола отдают предпочтение гладкокорой и ромбовидно-трещиноватой формам, отличающимся прямослойностью древесины [6, 12, 13, 19]. Грубокорая форма отличается волнисто-свилеватой древесиной и ее в насаждениях встречается всего 3–5 %. Эти различия отражаются и в интенсивности роста, формировании кроны

Показатели качества семян изученных форм березы повислой
Indicators of seed quality of the studied forms of silver birch

Форма березы	Масса 1000 шт. семян, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %		Средний семенной покой	Доля пустых семян, %
			Абсолютная	Техническая		
Гладкокорая	0,094	12,0	28,4	12,7	5,7	55
Ромбовидно-трещиноватая	0,167	42,0	52,0	43,0	5,5	17
Грубокорая	0,209	40,0	54,5	40,0	5,1	27

и ассимиляционного аппарата, хотя по отдельным показателям носят неоднозначный характер.

Из всех изученных нами показателей вегетативной и генеративной сферы выявлено 53 % парных случаев доказанных различий между формами, что соответствует исследованиям М.А. Данченко, С.А. Кабановой [30, 31]. Из этого числа половина доказанных различий относится к паре морфотипов «гладкокорая — грубокорая». Ромбовидно-трещиноватая форма в 16 % случаев дает отличия от гладкокорой и в 13 % случаев от грубокорой, что еще раз подтверждает ее промежуточное положение.

Выводы

Изучение у березы повислой (*Betula pendula* Roth.) морфолого-биометрических показателей вегетативной и генеративной сфер в пределах морфотипов, выделенных по типу трещиноватости коры (гладкокорая, ромбовидно-трещиноватая и грубокорая формы) в подзоне северной тайги, показало, что наиболее заметные статистически доказуемые различия чаще всего наблюдались между гладкокорой и грубокорой формами. Ромбовидно-трещиноватая форма березы, в большинстве случаев, по биометрическим и численным параметрам ауксбластов, брахибластов и листовых пластинок на них, параметрам сережек, орешков и семян занимала промежуточное положение. По качеству семян (масса 1000 шт., всхожесть, энергия прорастания) преимущество имели грубокорая и ромбовидно-трещиноватая формы, по сравнению с гладкокорой, что предполагает проведение фенологических наблюдений за процессами цветения и опыления.

Список литературы

- [1] Renou F., Scallan U., Keane M., Farrell E.P. Early performance of native birch (*Betula* spp.) planted on cutaway peatlands: influence of species, stock types and seedlings size // *European J. of Forest Research*, 2007, v. 126, pp. 545–554.
- [2] Hynynen J., Nirmistö P., Vinerä-Aarnio A., Brunner A., Hein S., Velling P. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth. and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe // *Forestry*, 2010, v. 83, no. 1, pp. 103–119.
- [3] Gagne L.-V., Genet A., Weiskittel A., Achim A. Assessing the Potential Stem Growth and Quality of Yellow Birch Prior to Restoration: A Case Study in Eastern Canada // *J. of Forests*, 2013, no. 4, pp. 766–785.
- [4] Oluwatobi A., Jian R. Assessing effects of seed source and transfer potential of white birch populations using transfer functions // *Open J. of ecology*, 2013, v. 3, no. 5, pp. 359–369.
- [5] Jankovska I., Brumelis G., Nikodemus O., Kasparinskis R., Amatniece V., Straupmanis G. Tree Species Establishment in Urban Forest in Relation to Vegetation Composition, Tree Canopy Gap Area and Soil Factors // *Forests*, 2015, no. 6, pp. 4451–4461.
- [6] Коновалов В.Ф. Селекция и разведение березы повислой на Южном Урале. М.: МГУЛ, 2002. 299 с.
- [7] Чупров Н.П. Березняки Европейского Севера России. Архангельск: СевНИИЛХ, 2008. 386 с.
- [8] Лесной план Архангельской области. Утвержден указом Губернатора Архангельской области от 20 декабря 2011 г. № 175-у. Портал Правительства Архангельской области. URL: <https://dvinland.ru/-k888b8aj> (дата обращения 28.03.2018).
- [9] Махнев А.К. Внутривидовая изменчивость и популяционная структура берез секции *Albae* и *Nanae*. М.: Наука, 1987. 128 с.
- [10] Ветчинникова Л.В. Береза: вопросы изменчивости (морфо-физиологические и биохимические аспекты). М.: Наука, 2004. 183 с.
- [11] Косиченко Н.Е., Попов В.К., Ломовских Ю.А. Анатомическая структура коры форм березы повислой в связи с различным характером накопления и растрескивания корки // *Селекционные основы повышения продуктивности лесов: сб. научн. тр. Воронеж: ВГЛТУ, 1979. С. 26–34.*
- [12] Галеев Э.И. Березняки Южного Урала (на примере березы повислой): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук, 06.03.03. Екатеринбург, 2000. 23 с.
- [13] Коновалов В.Ф. Береза повислая на Южном Урале: структура популяции, селекция и воспроизводство: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Йошкар-Ола, 2003. 43 с.
- [14] Козьмин А.В. Селекция хозяйственно ценных форм березы // *Лесная генетика и селекция на рубеже тысячелетий: материалы научно-практической конференции, г. Воронеж, НИИЛГиС, 26–29 июня 2001 г. Воронеж: НИИЛГиС, 2002. С. 81–88.*
- [15] Яблоков А.С. Селекция древесных пород. М.: Сельхозиздат, 1962. 487 с.
- [16] Комин Г.Е. Возрастная структура древостоя в лесах России. Сочи: НИИгорлескол, 2003. 219 с.
- [17] Попов В.К. Березовые леса Центральной лесостепи России. Воронеж: ВГУ, 2003. 424 с.
- [18] Клещева Е.В. Индивидуальная изменчивость березы повислой по формам трещиноватости коры в ЦЧО: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук 06.03.01. Воронеж, 2007. 18 с.

- [19] Погиба С.П., Казанцева Е.В. Гибринологический анализ гибридов березы повислой по коре // Вестник МГУЛ – Лесной Вестник, 2014. № 4. С. 6–12.
- [20] Николаева Н.Н. Формирование листового аппарата у форм березы повислой (*Betula pendula* Roth.) с разной текстурой древесины: автореф. дис. ... канд. биол. наук, спец. 03.00.05. Санкт-Петербург, 2004. 25 с.
- [21] Феклистов П.А., Амосова И.Б. Морфолого-физиологические и экологические особенности березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в таежной зоне. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 214 с.
- [22] Хикматуллина Г.Р. Сравнительный анализ морфологических параметров листьев древесных растений в условиях урбанизированной среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук, 03.02.08. Казань, 2013. 24 с.
- [23] Махнев А.К. Внутривидовая изменчивость и ценные для селекции формы березы Урала // Лесная генетика, селекция и семеноводство: сб. научн. статей / научный редактор Г.В. Крылов. Петрозаводск: Карелия, 1970. С. 266–270.
- [24] Ермаков В.И. Структурные адаптации березы на Севере // Тезисы Всесоюзного совещания по вопросам адаптации растений к экстремальным условиям среды в северных районах СССР (Петрозаводск, ПетрГУ, 14–17 сентября 1971 г.). Петрозаводск: ПетрГУ, 1971. С. 15–17.
- [25] Исаков Ю.Н., Миленная Л.А., Иевлев В.В., Исаков И.Ю. Влияние самоопыления на качество семян и рост потомства у некоторых видов березы // Генетические и экологические основы повышения продуктивности лесов: сб. науч. тр. Воронеж: НИИЛГиС, 1993. С. 23–30.
- [26] ГОСТ 13056.4–67. Семена деревьев и кустарников. Методы определения массы 1000 семян. М.: Госстандарт, 1968. 62 с.
- [27] ГОСТ 13056.6–97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. М.: Госстандарт, 1998. 31 с.
- [28] Гусев И.И. Моделирование экосистем. Архангельск: АГТУ, 2002. 112 с.
- [29] Пентелькина Н.В., Иванюшева Г.И. Выращивание сеянцев березы повислой с использованием регуляторов роста // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. Вып. 31. С. 193–197.
- [30] Кабанова С.А., Кабанов А.Н., Борцов В.А. Изучение ассимиляционного аппарата березы повислой в пригородных лесах г. Астаны // Сб. тр. конф. «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона», Омск, Омский государственный педагогический университет, 21 апреля 2017 г. / отв. ред. А.И. Григорьев. Омск: Омский государственный педагогический университет, 2017. С. 90–92.
- [31] Кабанова С.А., Данченко М.А., Борцов В.А. Результаты наблюдений за ростом и сохранностью пересаженных деревьев березы повислой в зеленой зоне г. Астаны // Экология урбанизированных территорий. 2018. № 1. С. 18–23.

Сведения об авторах

Наквасина Елена Николаевна — д-р с.-х. наук, профессор каф. лесоводства и лесоустройства Высшей школы естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, e.nakvasina@narfu.ru

Некрасова Алена Викторовна — аспирант каф. лесоводства и лесоустройства Высшей школы естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, a.v.nekrasova@narfu.ru

Прожерина Надежда Александровна — канд. биол. наук, ст. научный сотрудник лаборатории экологии популяций и сообществ ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН, pronad1@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.05.2018.

Принята к публикации 26.12.2018.

COMPARISON OF SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH.) WITH DIFFERENT TYPES OF BARK ON VEGETATIVE AND GENERATIVE CHARACTERISTICS

E.N. Nakvasina¹, A.V. Nekrasova¹, N.A. Prozherina²

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Severnaya Dvina emb. 17, 163002, Arkhangelsk, Russia

²N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Laboratory of Population Ecology, Severnaya Dvina emb. 23, 163000, Arkhangelsk, Russia

e.nakvasina@narfu.ru

In the world, in Russia in particular, management attitude to the birch is being changed and approaches to its reforestation are being developed. In the North, including Arkhangelsk Region, the area of birch forests is increasing (Chuprov, 2008), which requires developing specific approaches to the formation of highly productive birch plantations. Knowledge of birch polymorphism, connections of morphological features with the target ones (quickness of growth, quality of trunk and wood) will allow to provide forest management on a selection basis. Assessment of birch morphotypes should be carried out in different growth conditions, taking into account its high adaptability. We have studied the forms of birch (*Betula pendula* Roth.), selected by the type of the bark fissuring according to biometric indicators of vegetative and generative spheres in Northern taiga subzone. The research was carried out in the city of Arkhangelsk, in alley cropping of silver birch, where 20 even-aged trees of each studied form—glamcore, diamond-fractured and coarse bark core were identified and marked according to the descriptions by A. S. Yablokov (1962). Comparative evaluation of morphotypes of birch on vegetative and generative characteristics showed the ambiguity of the similarities between them which is associated with genetic characteristics and growth display, indicated previously by several authors. The most evident statistically provable differences were observed between glamcore and coarse bark core forms. Of all the examined indicators of vegetative and generative sphere we revealed 53 % of the paired cases of differences between the forms. What is more, half of them is a couple of morphotypes «glamcore — coarse bark core». Diamond-fractured form birch occupied mostly an intermediate position based on biometrics and numerical parameters of auxiblast, brachyplast and leaf blade on them, as well as the parameters of aglet, nucule and seeds. In terms of the quality of seeds (weight of 1000 pieces, germination ability and energy) coarse bark core and diamond-fractured form had the advantage, over glamcore which had more than 80 % of empty seeds.

Keywords: silver birch, forms of bark, variability, branches, leaves, aglet, seeds

Suggested citation: Nakvasina E.N., Nekrasova A.V., Prozherina N.A. *Sravnienie berezy povisloy (Betula Pendula Roth.) s raznymi tipami kory po vegetativnym i generativnym priznakam* [Comparison of silver birch (*Betula pendula* Roth.) with different types of bark on vegetative and generative characteristics]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 28–36. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-28-36

References

- [1] Renou F., Scallan U., Keane M., Farrell E. P. Early performance of native birch (*Betula* spp.) planted on cutaway peatlands: influence of species, stock types and seedlings size. *European J. of Forest Research*, 2007, v. 126, pp. 545–554.
- [2] Hynynen J., Nirmistö P., Vinerä-Aarnio A., Brunner A., Hein S., Velling P. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth. and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, 2010, v. 83, no. 1, pp. 103–119.
- [3] Gagne L.-V., Genet A., Weiskittel A., Achim A. Assessing the Potential Stem Growth and Quality of Yellow Birch Prior to Restoration: A Case Study in Eastern Canada. *J. of Forests*, 2013, no. 4, pp. 766–785.
- [4] Oluwatobi A., Jian R. Assessing effects of seed source and transfer potential of white birch populations using transfer functions. *Open J. of ecology*, 2013, v. 3, no. 5, pp. 359–369.
- [5] Jankovska, I., Brumelis G.; Nikodemus O., Kasparinskis R., Amatniece V., Straupmanis G. Tree Species Establishment in Urban Forest in Relation to Vegetation Composition, Tree Canopy Gap Area and Soil Factors. *Forests*, 2015, no. 6, pp. 4451–4461.
- [6] Kononov V.F. *Selektsiya i razvedenie berezy povisloy na Yuzhnom Urale* [Breeding and breeding of birch in the southern Urals]. Moscow: MGUL, 2002, 299 p.
- [7] Chuprov N.P. *Bereznyaki Evropeyskogo Severa Rossii* [Birch forests of the European North of Russia]. Arkhangelsk: SevNIILH, 2008, 386 p.
- [8] *Lesnoy plan Arkhangel'skoy oblasti. Utverzhden ukazom Gubernatora Arkhangel'skoy oblasti ot 20 dekabrya 2011 g. № 175-u. Portal Pravitel'stva Arkhangel'skoy oblasti* [The forest plan of the Arkhangelsk region. Approved by the decree of the Governor of the Arkhangelsk region dated December 20, 2011 No. 175-y. Portal of the Government of the Arkhangelsk region]. Available at: <https://dvinaland.ru/-k888b8aj> (accessed 28.03.2018).
- [9] Makhnev A.K. *Vnutrividovaya izmenchivost' i populyatsionnaya struktura berez sektsii Albae i Nanae* [Intraspecific variability and population structure of birches in the Albae and Nanae sections]. Moscow: Science, 1987, 128 p.
- [10] Vetchinnikova L.V. *Bereza: voprosy izmenchivosti (morfo-fiziologicheskie i biokhimicheskie aspekty)* [Birch: questions of variability (morpho-physiological and biochemical aspects)]. Moscow: Science, 2004, 183 p.
- [11] Kosichenko N.E., Popov V.K., Lomovskikh Yu.A. *Anatomicheskaya struktura kory form berezy povisloy v svyazi s razlichnym kharakterom nakopleniya i rastreskivaniya korki* [The anatomical structure of the bark of the birch forms in connection with the different nature of the accumulation and cracking of the crust]. *Selektsionnye osnovy povysheniya produktivnosti lesov* [Selection basis for increasing the productivity of forests]. Voronezh: VGLTU, 1979, pp. 26–34.

- [12] Galeev E.I. *Bereznyaki Yuzhnogo Urala (na primere berezy povisloy)* [Birch forests of the Southern Urals (by the example of pendulous birch)]. Dis. ... Cand. Sci. (Agric.). Ekaterinburg, 2000, 23 p.
- [13] Konovalov V.F. *Bereza povislaya na Yuzhnom Urale: struktura populyatsii, selektsiya i vosproizvodstvo: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Hanging birch in the South Urals: population structure, selection and reproduction]. Dis. ... Cand. Sci. (Biol.). Yoshkar-Ola, 2003, 43 p.
- [14] Koz'min A.V. *Selektsiya khozyaystvenno tsennykh form berezy* [Selection of economically valuable forms of birch] *Lesnaya genetika i selektsiya na rubezhe tsysyacheletiy: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, g. Voronezh, NIILGiS, 26–29 iyunya 2001 g.* [Forest genetics and selection at the turn of the millennium: materials of the scientific-practical conference. Voronezh, NIILGiS, June 26–29, 2001]. Voronezh: NIILGiS, 2002, pp. 81–88.
- [15] Yablokov A.S. *Selektsiya drevesnykh porod* [Selection of tree species]. Moscow: Selkhozizdat, 1962, 487 p.
- [16] Komin G.E. *Vozrastnaya struktura drevostoya v lesakh Rossii* [The age structure of the stand in the forests of Russia]. Sochi: NIIGorlesakol, 2003, 219 p.
- [17] Popov V.K. *Berezovye lesa Tsentral'noy lesostepi Rossii* [Birch forests of Central forest-steppe of Russia]. Voronezh: VSU, 2003, 424 p.
- [18] Kleshcheva E.V. *Individual'naya izmenchivost' berezy povisloy po formam treshchinovatosti kory v TsChO* [Individual variability of birch hanging on the forms of fractured bark in CCHO]. Dis. ... Cand. Sci. (Agric.). Voronezh, 2007, 18 p.
- [19] Pogiba S.P., Kazantseva E.V. *Gibridologicheskii analiz sibsov berezy povisloy po kore* [Hybridological analysis of siblings of birch hanging on the bark] *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2014, no. 4, pp. 6–12.
- [20] Nikolaeva N.N. *Formirovaniye listovogo apparata u form berezy povisloy (Betula pendula Roth.) s raznoy teksturoy drevesiny* [The formation of the leaf apparatus in forms of birch (Betula pendula Roth.) with a different wood texture]. dis. ... Cand. Sci. (Biol.). St. Petersburg, 2004, 25 p.
- [21] Feklistov P.A., Amosova I.B. *Morfologo-fiziologicheskie i ekologicheskie osobennosti berezy povisloy (Betula pendula Roth.) v taehnoy zone* [Morphological, physiological and ecological peculiarities of birch (Betula pendula Roth.) in the taiga zone]. Arkhangel'sk: Safu CPI, 2013, 214 p.
- [22] Khikmatullina G.R. *Sravnitel'nyy analiz morfologicheskikh parametrov list'ev drevesnykh rasteniy v usloviyakh urbanizirovannoy sredy* [Comparative analysis of the morphological parameters of the leaves of woody plants in an urbanized environment]. Dis. Cand. Sci. (Biol.). Kazan, 2013, 24 p.
- [23] Makhnev A.K. *Vnutrividovaya izmenchivost' i tsennyye dlya selektsii formy berez Urala* [Intraspecific variability and valuable for breeding forms of birch trees of the Urals]. *Lesnaya genetika, selektsiya i semenovodstvo* [Forest genetics, selection and seed production] Ed. G.V. Krylov. Petrozavodsk: Karelia, 1970, pp. 266–270.
- [24] Ermakov V.I. *Strukturnyye adaptatsii berezy na Severe* [Structural adaptations of birch in the North] *Tezisy Vsesoyuznogo soveshchaniya po voprosam adaptatsii rasteniy k ekstremal'nym usloviyam sredy v severnykh rayonakh SSSR*. Petrozavodsk, PetrGU, 14–17 sentyabrya 1971 g. [Abstracts of the All-Union Conference on Plant Adaptation to Extreme Environmental Conditions in the Northern Regions of the USSR. Petrozavodsk, PetrSU, September 14–17, 1971]. Petrozavodsk: PetrSU, 1971, pp. 15–17.
- [25] Isakov Yu.N., Milennaya L.A., Ievlev V.V., Isakov I.Yu. *Vliyaniye samoopyleniya na kachestvo semyan i rost potomstva u nekotorykh vidov berezy* [Influence of self-pollination on the quality of seeds and the growth of offspring in some species of birch] *Geneticheskie i ekologicheskie osnovy povysheniya produktivnosti lesov* [Genetic and environmental bases for increasing forest productivity]. Voronezh: NIILGiS, 1993, pp. 23–30.
- [26] *GOST 13056.4–67. Semena derev'ev i kustarnikov. Metody opredeleniya massy 1000 semyan* [GOST 13056.4–67. Seeds of trees and shrubs. Methods for determining the mass of 1000 seeds]. Moscow: Gosstandart, 1968, 62 c.
- [27] *GOST 13056.6–97. Semena derev'ev i kustarnikov. Metod opredeleniya vskhozhesti* [GOST 13056.6–97. Seeds of trees and shrubs. Method of determining the germination]. Moscow: Gosstandart, 1998, 31 p.
- [28] Gusev I.I. *Modelirovaniye ekosistem* [Ecosystem modeling]. Arkhangel'sk: AGTU, 2002, 112 p.
- [29] Pentel'kina N.V., Ivanyusheva G.I. *Vyrashchivaniye seyantsev berezy povisloy s ispol'zovaniem regulyatorov rosta* [Growing birch seedlings using growth regulators] *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2012, iss. 31, pp. 193–197.
- [30] Kabanova S.A., Kabanov A.N., Bortsov V.A. *Izuchenie assimilyatsionnogo apparata berezy povisloy v prigorodnykh lesakh g. Astany* [Studying the assimilation apparatus of birch hanging in the suburban forests of Astana city] *Sb. tr. konf. «Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' prirodopol'zovaniya na sovremennom etape razvitiya Zapadno-Sibirskogo regiona»* [Proceedings of the conference «Ecological and economic efficiency of environmental management at the present stage of development of the West-Siberian region»]. Omsk, Omsk State Pedagogical University, April 21, 2017, Ed. A.I. Grigoriev. Omsk: Omsk State Pedagogical University, 2017. p. 90–92.
- [31] Kabanova S.A., Danchenko M.A., Bortsov V.A. *Rezul'taty nablyudeniya za rostom i sokhrannost'yu peresazhennykh derev'ev berezy povisloy v zelenoy zone g. Astany* [The results of observations of the growth and preservation of transplanted birch trees in the green zone of Astana city]. *Ecology of urbanized territories*, 2018, no. 1, pp. 18–23.

Authors' information

Nakvasina Elena Nikolaevna — Dr. Sci (Agricultural), Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Department of Forestry and Forest Inventory, e.nakvasina@narfu.ru

Nekrasova Alena Viktorovna — pg., Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Department of Forestry and Forest Inventory, a.v.nekrasova@narfu.ru

Prozherina Nadezhda Aleksandrovna — Cand. Sci (Biology), Senior researcher, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Laboratory of Population Ecology, pronad1@yandex.ru

Received 15.05.2018.

Accepted for publication 26.12.2018.